



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 53 979 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
G 01 N 27/333
G 01 N 27/413

②1 Aktenzeichen: 100 53 979.3
②2 Anmeldetag: 31. 10. 2000
④3 Offenlegungstag: 16. 5. 2002

⑦1 Anmelder:
Schott-Geräte GmbH, 65719 Hofheim, DE

⑦2 Erfinder:
Tauber, Günter, Dr., 65830 Kriftel, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:

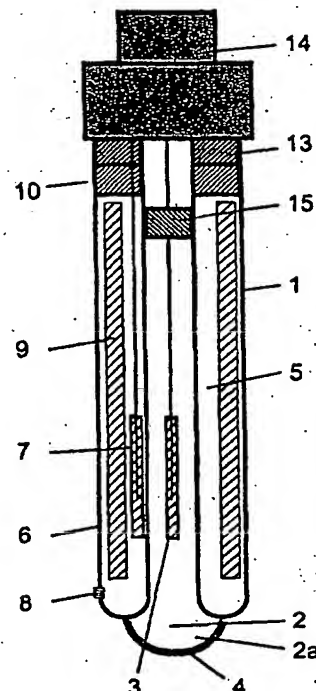
DE	196 39 372 C2
DE	40 35 447 A1
DE	37 02 501 A1
DE-OS	15 98 765
DE	89 12 731 U1
AT	2 72 273
US	34 44 067
EP	03 99 101 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Elektrochemische Messkette

⑤7 Die vorliegende Erfindung beschreibt eine neue elektrochemische Messkette mit einer Messelektrode und einer Bezugselektrode in einem geschlossenen rohrförmigen Gehäuse (1) aus Glas, das eine innere Kammer (2) mit einer inneren Ableitelektrode (3) für die Messelektrode und eine pH-Glasmembran (4), eine konzentrisch angeordnete ringförmig äußere Kammer (5) zur Aufnahme eines Bezugselektrolyten (6) mit einer Ableitelektrode (7) für die Bezugselektrode und im unteren Abschnitt des rohrförmigen Gehäuses (1) angeordnetes Diaphragma (8) aufweist, wobei die ringförmige äußere Kammer (5) vollständig mit mindestens einem Bezugselektrolyten (6) befüllt ist und in der ringförmigen äußeren Kammer (5) ein elastischer Körper (9) angeordnet ist.



DE 100 53 979 A 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrochemische Messkette und ein Verfahren zur Herstellung derselben.

[0002] Für die Überwachung chemischer und biologischer Prozesse werden elektrochemische Zellen für die Messung von Ionenaktivitäten, insbesondere der H-Ionenaktivitäten, eingesetzt. Die elektrochemischen Zellen bestehen aus einer Mess- und einer Bezugselektrode. Die Mess- und Bezugselektrode können getrennt ausgebildet sein oder in einem Körper in Form einer Einstabmesskette vorliegen. Eine wesentliche Voraussetzung für eine zuverlässige Prozessüberwachung ist, dass die Bezugselektrode eine stabile und reproduzierbare elektrische Spannung liefert. Die Bezugselektrode kann ein elektrochemisches Halbelement oder eine Halbzelle sein.

[0003] Bezugselektroden bestehen ganz allgemein aus einem Ableitelement in Form einer Elektrode zweiter Art, die in einen Bezugselektrolyten eintaucht. Der Bezugselektrolyt ist gewöhnlich eine konzentrierte Kaliumchloridlösung. Der Bezugselektrolyt befindet sich dabei in einem Behälter, der von einem Gehäuse aus elektrisch nicht leitendem Material, wie Glas oder Kunststoff, gebildet wird.

[0004] Der elektrolytische Kontakt zwischen dem Ableitelement der Bezugselektrode und dem Messmedium erfolgt durch ein in der Gehäusewand angeordnetes Diaphragma. Das Diaphragma ist häufig ein poröser Keramikstift. Das Messmedium ist eine Lösung oder Suspension des zu untersuchenden Messgutes in Wasser. Das Messmedium kann das Diaphragma verschmutzen oder in den Bezugselektrolyten eindringen und ihn verdünnen. In beiden Fällen kann es zu einer unkontrollierbaren Spannungsänderung und damit zu einer Verfälschung der Messwerte kommen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn sich die Messungen über einen längeren Zeitraum erstrecken oder öfters wiederholt werden.

[0005] Um das Eindringen von Messmedium durch das Diaphragma in den Bezugselektrolyten zu verhindern, werden häufig Druckmessgeber eingesetzt. Dadurch wird in dem Bezugselektrolyten ein Druck aufrecht erhalten, der höher ist als derjenige des Messmediums. Dabei wird meist mit einem Überdruck von 0,2 bis 0,5 bar gearbeitet. Dies kann erreicht werden, indem die Messkette in eine Druckkammer eingebaut und mit Druckluft beaufschlagt wird. Da in der Regel strenge Anforderungen an die Sterilität gestellt werden, müssen Messketten den Bedingungen einer Dampfsterilisation bei Temperaturen bis zu 135°C und Drücken bis 3,5 bar standhalten.

[0006] Derartige Messketten erfordern eine gewisse Wartung, wie Nachfüllen von Bezugselektrolyt, Druckbeaufschlagung und Einfetten von Dichtungen, wie O-Ringen. Bei falscher oder unterlassener Wartung können Fehlmessungen auftreten, da die Stabilität der Bezugselektrode nicht mehr gewährleistet ist. Um diese Nachteile zu vermeiden, sind Messketten entwickelt worden, bei denen der Bezugselektrolyt, wie eine 3 molare oder gesättigte Kaliumchloridlösung, in Form eines Gels vorliegt oder mit einem Verdickungsmittel, wie hochdisperse Kieselsäure, verdickt ist.

[0007] Bei Bezugselektroden oder Messketten muss im Raum der Bezugselektrode immer ein Gaspolster vorhanden sein, welches die thermische Ausdehnung des gelartigen oder verdickten Elektrolyten ermöglicht. Das Eindringen von Messmedium durch das Diaphragma kann bei den Bezugselektroden oder Messketten vermieden werden, wenn ein Druckausgleich zwischen dem Messmedium und dem Bezugselektrolyten gewährleistet ist. Nachteilig wirkt sich dabei die Einfüllöffnung aus, da in den Reaktoren meist eine

turbulente Strömung, die mit der Bildung von Schaum verbunden sein kann, herrscht. Dabei tritt das Messmedium in Form von Spritzern oder Schaum durch die Einfüllöffnung in den Raum der Bezugselektrode ein und führt in gleicher Weise wie das Eindringen durch das Diaphragma zu einer Veränderung. Die Verdünnung des Bezugselektrolyten hat eine Beeinträchtigung der Messgenauigkeit zur Folge.

[0008] Aus DE-A-37 02 501 ist eine pH-Messkette zur Überwachung mikrobiologischer Prozesse mit einer Messelektrode und einer Bezugselektrode in einem geschlossenen rohrförmigen Gehäuse aus Glas bekannt. Das rohrförmige Gehäuse weist eine innere Kammer mit einem Ableitsystem für die Messelektrode und einer ionenselektiven Membran und eine konzentrisch angeordnete ringförmig äußere Kammer zur Aufnahme eines gelartigen Bezugselektrolyten und eines Ableitsystems für die Bezugselektrode auf. Der Bezugselektrolyt kann über ein im unteren in einem Bioreaktor befindliches Messmedium eintauchenden Abschnitt des rohrförmigen Gehäuses angeordnetes Diaphragma mit dem Messmedium in Berührung gebracht werden. In der pH-Messkette ist oberhalb des Bezugselektrolyten in der ringförmigen Kammer im Abschnitt des rohrförmigen Gehäuses ein Hohlraum angeordnet, in dem sich ein unter Druck stehendes Gas befindet, das mit dem Bezugselektrolyten in Verbindung steht. Durch das Gas in der Kammer des rohrförmigen Gehäuses kann ein Innendruck aufrechterhalten werden, der größer ist als der des Messmediums. In den Hohlraum mündet eine gasdicht in der Wandung des Gehäuses befestigte Zuführung für das Gas ein, die verschließbar ist. Im oberen Abschnitt des Gehäuses befindet sich in einer ringförmigen Kammer ein Hohlraum zur Aufnahme eines unter Druck stehenden Gases, wie Druckluft. In den Hohlraum mündet eine Zuführung für das Gas ein. Die Zuführung ist eine Platinkapillare mit einem Außendurchmesser von 0,3 bis 0,5 mm. Diese Platinkapillare ist durch Einschmelzen in die Wandung des Gehäuses an der Schmelzstelle gasdicht befestigt. Nach dem Zuführen des unter Druck stehenden Gases kann die als Zuführung dienende Platinkapillare durch Abquetschen mit einer Zange an der Quetschstelle gasdicht verschlossen werden. In der ringförmigen Kammer befindet sich zwischen dem Bezugselektrolyten und dem Hohlraum ein Schaumstoffkissen, das den Bezugselektrolyten abdeckt und an den Wandungen der Kammer anliegt. Dadurch kein ein Ausfließen des Bezugselektrolyten beim Transport der pH-Messkette vermieden werden.

[0009] Die Bezugselektrode weist zur Druckbeaufschlagung eine Platinkapillare auf, die in das rohrförmige Gehäuse eingeschmolzen ist. Die Luft kann durch Lösung im Gel durch das Diaphragma diffundieren und ausweichen, wodurch der Innendruck abnimmt. Das hat eine begrenzte Lagerfähigkeit der Elektrode zur Folge. Bei mechanischer Beschädigung des Glasschaftes kann die Elektrode explosionsartig platzen. Bei Temperaturerhöhungen erhöht sich auch der Druck im Glasbehälter, wodurch sich das Verletzungsrisiko erhöht.

[0010] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, eine stabile und zuverlässige neue elektrochemische Messkette und ein wirtschaftliches und umweltfreundliches Verfahren zur Herstellung einer elektrochemischen Messkette bereitzustellen, bei der eine Verletzungsgefahr möglichst vermieden wird.

[0011] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird durch eine elektrochemische Messkette mit einer Messelektrode und einer Bezugselektrode in einem geschlossenen rohrförmigen Gehäuse aus Glas gelöst, das eine innere Kammer mit einer inneren Ableitelektrode für die Messelektrode und eine pH-Glasmembran, eine konzentrisch angeordnete ring-

förmig äußere Kammer zur Aufnahme, eines Bezugselektrolyten mit einer Ableitelektrode für die Bezugselektrode und im unteren Abschnitt des rohrförmigen Gehäuses angeordnetes Diaphragma aufweist, wobei die ringförmige äußere Kammer vollständig mit mindestens einem Bezugselektrolyten befüllt ist und in der ringförmigen äußeren Kammer mindestens ein elastischer Körper angeordnet ist.

[0012] In der erfindungsgemäßen elektrochemische Messkette wird vorteilhafterweise ein elastischer Körper benutzt, um den gelierten KCl-Elektrolyt aus dem Diaphragma zu drücken. Der gespannte federnde Körper befindet sich im Gel. Die elektrochemische Messkette weist vorteilhafterweise keine Druckluft im Innenraum auf. Bei einer Beschädigung des Glaskörpers entspannt sich der elastische Körper langsam und das Gel verbindet sich mit den Glasbruchstücken. Ein explosionsartiges Herumfliegen von Glassplittern wird verhindert. Die elektrochemische Messkette hat eine längere Lagerfähigkeit, da keine Luft im Innenraum vorhanden ist, die durch Lösung in Gel durch das Diaphragma diffundieren kann. Die erfindungsgemäße Messkette ist gegen Temperaturerhöhungen unempfindlich. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen elektrochemischen Messkette ist, dass bei der Herstellung keine Platinkapillare verwendet wird.

[0013] Beim Befüllen der Kammer mit dem Bezugselektrolyten unter Druck wird der elastische Körper komprimiert. Der elastisch federnder Körper übt beim expandieren eine Kraft auf das Gel aus. Durch die Expansion des komprimierten elastischen Körpers fließt das Gel mit definierter Geschwindigkeit aus dem Diaphragma in die Messlösung, wodurch eine hohe Messgenauigkeit und lange Lebensdauer der Messkette gewährleistet wird.

[0014] Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist eine elektrochemische Messkette, wobei der elastische Körper eine Metallfeder mit Kolben oder ein polymerer Schaum ist. Es hat sich gezeigt, dass ein Metallkörper in der Form einer Feder und einem Kolben als elastischer Körper mit guten Ergebnissen verwendet werden kann. Elastische Körper, die im wesentlichen aus einem polymeren Schaum bestehen, zeigen ebenso sehr gute Ergebnisse. Der polymere Schaum ist lufthaltig. Das Volumen des polymeren Schaumkörpers beträgt 10 Vol.-% bis 90 Vol.-%, bevorzugt 60 Vol.-% bis 80 Vol.-%, besonders bevorzugt 65 Vol.-% bis 75 Vol.-% des Volumens der ringförmigen äußeren Kammer. Als Polymere werden bevorzugt Silikon, Polyurethan oder Neoprene zur Herstellung des polymeren Schaums verwendet. Alle erfindungsgemäßen Varianten sind sehr gut geeignet, um den Druck in der äußeren Kammer gemäß den Erfordernissen zu erhöhen und so ein Ausfließen des Elektrolyten aus dem Diaphragma zu gewährleisten.

[0015] Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist eine elektrochemische Messkette, wobei der elastische Körper 10 Vol.-% bis 90 Vol.-%, bevorzugt 30 Vol.-% bis 60 Vol.-% des Volumens der ringförmigen äußeren Kammer einnimmt. In diesem Volumenbereich für den elastischen Körper werden sehr gute Ergebnisse bei der elektrochemischen Messkette erzielt. Es wird über eine lange Zeit ein konstanter Druck erzeugt und ein zuverlässiger und störungsfreier Ausfluss des Bezugselektrolyten durch das Diaphragma gewährleistet.

[0016] Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist eine elektrochemische Messkette, wobei der Druck in der ringförmigen äußeren Kammer 0,5 bar bis 4 bar beträgt. In diesem Druckbereich werden sehr gute Ergebnisse im Hinblick auf den konstanten Ausfluss des Bezugselektrolyten durch das Diaphragma erzielt.

[0017] Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist eine elektrochemische Messkette, wobei der Bezugselektrolyt ein wärmebeständiges Verdickungsmittel enthält, das bevorzugt auf Basis von Polyarylamid oder Methylcellulose hergestellt ist.

[0018] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Herstellung einer elektrochemischen Messkette vorgesehen, wobei in die konzentrisch angeordnete ringförmige äußere Kammer

- a) mindestens ein elastischer Körper eingeführt wird,
- b) die Bezugselektrode eingesetzt wird;
- c) die ringförmige äußere Kammer mit einer Gummidichtung verschlossen wird,
- d) eine Entlüftungskanüle durch die Gummidichtung geführt wird,
- e) durch mindestens eine weitere durch die Gummidichtung geführte Kanüle f) die ringförmige äußere Kammer mit mindestens einem Bezugselektrolyten vollständig gefüllt wird,
- f) die Entlüftungskanüle aus der Gummidichtung ausgeführt wird,
- g) mindestens ein Bezugselektrolyt bis zum Erreichen des einzustellenden Drucks in die ringförmige äußere Kammer eingeführt wird und
- h) das rohrförmige Gehäuse (1) mit einer Vergussmasse (13) verschlossen und die Messkette mit einem Anschlusskopf (14) versehen wird.

[0019] Das erfindungsgemäße Verfahren weist gegenüber den herkömmlichen Verfahren den entscheidenden Vorteil auf, dass beim Befüllen der Messkette keine Druckluft verwendet wird. Das erfindungsgemäße Verfahren ist deutlich einfacher und billiger als die im Stand der Technik bekannten Verfahren zur Herstellung einer elektrochemischen Messkette.

[0020] Die erfindungsgemäße elektrochemischen Messkette kann zur Messung von pH-Werten, Redoxpotentialen oder Ionenaktivitäten verwendet werden.

[0021] Die vorliegende Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert.

Zeichnung

[0022] Die Zeichnung besteht aus Fig. 1 und 2.

[0023] Die Fig. 1 zeigt den Aufbau einer elektrochemischen Messkette mit einem rohrförmigen Gehäuse (1) aus Glas. Das rohrförmige Gehäuse (1) weist zwei konzentrisch angeordnete Kammern auf. Eine innere Kammer (2) ist von einer konzentrisch angeordneten äußeren ringförmigen Kammer (5) umgeben.

[0024] Die innere Kammer (2) ist im oberen Bereich durch eine Abdichtung (15) verschlossen. Im unteren über die ringförmige Kammer (5) hinausragenden Bereich weist die innere Kammer (2) eine pH-Glasmembran (4) aus ionenselektivem Glas auf. Die innere Kammer (2) bildet die eigentliche Messelektrode und ist mit einer inneren Ableitelektrode (3) für die Messelektrode ausgestattet. Die Ableitelektrode (3) ist mit einer durch die Abdichtung (15) nach außen führenden Leitung im Anschlusskopf (14) verbunden.

[0025] Die ringförmige Kammer (5) bildet die eigentliche Bezugselektrode aus Bezugselektrolyt (6) und Ableitelektrode (7) für die Bezugselektrode. Die Ableitelektrode (7) ist mit einer nach außen führenden Leitung verbunden. Im unteren Abschnitt der ringförmigen Kammer (5) befindet sich ein Diaphragma (8), in der Regel ein poröser Keramikstift. Der in der Kammer (5) befindliche Bezugselektrolyt (6) kann über das Diaphragma (8) mit einem Messmedium, in das die Messkette mindestens teilweise eintaucht, in Berührung gebracht werden.

[0026] Als Bezugselektrolyt (6) wird eine 3- bis 4-molare

Kaliumchloridlösung mit einem Verdickungsmittel, wie z. B. Acrylamidverbindung verwendet. Der Bezugselektrolyt (6) weist eine Viskosität von mindestens 10 Pascalsekunden auf. Anstelle der Acrylamidverbindung können auch andere Verdickungsmittel wie Methacrylamide, Kieselsäure, hydroxylierte Cellulosen, Methylcellulose und Polysaccharide verwendet werden. Bei der Auswahl der Verdickungsmittel ist allein darauf zu achten, dass sie mit dem Salz der Elektrolytlösung verträglich und bei Temperaturen bis zu 135°C beständig sind.

[0027] Da stets ein kleiner, aber von Null verschiedener Durchfluss des gelartigen Bezugselektrolyten (6) durch das Diaphragma (8) in das Messmedium stattfindet, wird als Diaphragma (8) ein Keramikstift mit einer mittleren Porengröße von etwa 1 µm verwendet. Für die Wahl des Diaphragmas wird die Abhängigkeit der Durchflussmenge des Bezugselektrolyten (6) von seiner Viskosität und den geometrischen Parameter des Diaphragmas (8) als Parameter verwendet. Dabei wird vorgegeben, dass der Durchfluss des gelartigen Bezugselektrolyten (6) durch das Diaphragma (8) 0,2 ml pro Monat bei einem Überdruck von ca. 1 bar in der Kammer (5), beträgt. Auf diese Weise ist es im Einzelfall möglich, die Parameter der Messkette, wie Abmessungen des Gehäuses (1), Viskosität des Bezugselektrolyten (6), Porosität des Diaphragmas (8), Volumenverhältnis von Bezugselektrolyt (8) zu elastischem Körper (9) rechnerisch zu ermitteln und auf den jeweiligen Verwendungszweck abzustimmen. Es zeigt sich, dass die elektrochemische Messkette auch nach mehrmaligen Erwärmen einen Innendruck in der Kammer (5) von mindestens 0,5 bar aufweist. Dadurch wird das Eindringen von Messmedium in den Bezugselektrolyten (6) und damit seine Veränderung der Konzentration vollständig unterbunden. Dies zeigt sich im besonderen durch stabile und reproduzierbare Spannungswerte.

[0028] Die Fig. 2 zeigt den einen Ausschnitt der Kammer (5) mit einer Entlüftungskapillare (11) und einer Befüllkapillare (12). Dieser Aufbau wird zum Befüllen der Kammer (5) verwendet. Beide Kapillaren werden nach dem Befüllen der Kammer (5) entfernt. Beide Kapillaren sind günstige Stahlkapillaren und keine teueren Platinkapillaren.

[0029] Die erfindungsgemäße elektrochemische Messkette zeichnet sich durch hohe Messwert-Stabilität aus. Daneben ist die erfindungsgemäße elektrochemische Messkette sehr zuverlässig und zeigt bei Wiederholung konstante und reproduzierbare Ergebnisse. Sie weist keinen inneren Gasdruck auf und ist bei Gebrauch nicht explosionsgefährlich. Die Herstellung der elektrochemischen Messkette gemäß der vorliegenden Erfindung ist deswegen wirtschaftlich, weil die sonst übliche teure Platinkanüle nicht verwendet wird.

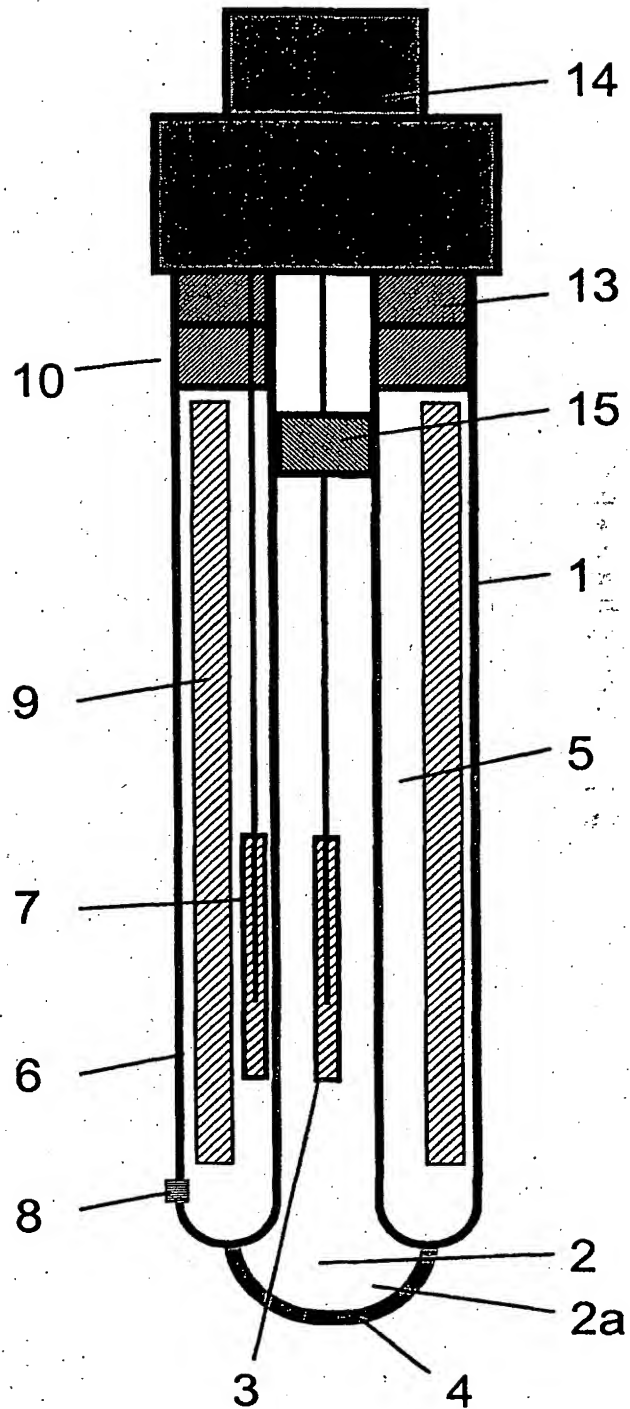
Bezugszeichen

- 1 geschlossenes rohrförmiges Gehäuse
- 2 innere Kammer
- 3 innere Ableitelektrode für die Messelektrode
- 4 pH-Glasmembran
- 5 konzentrisch angeordnete ringförmig äußere Kammer
- 6 Bezugselektrolyt
- 7 äußere Ableitelektrode für die Bezugselektrode
- 8 Diaphragma
- 9 elastischer Körper
- 10 Gummidichtung
- 11 Entlüftungskapillare
- 12 Befüllkapillare
- 13 Vergussmasse
- 14 Elektrodenkopf mit elektrischen Anschluss
- 15 Abdichtung

Patentansprüche

1. Elektrochemische Messkette mit einer Messelektrode und einer Bezugselektrode in einem geschlossenen rohrförmigen Gehäuse (1) aus Glas, das eine innere Kammer (2) mit einer inneren Ableitelektrode (3) für die Messelektrode und eine pH-Glasmembran (4), eine konzentrisch angeordnete ringförmig äußere Kammer (5) zur Aufnahme eines Bezugselektrolyten (6) mit einer Ableitelektrode (7) für die Bezugselektrode und im unteren Abschnitt des rohrförmigen Gehäuses (1) angeordnetes Diaphragma (8) aufweist, wobei die ringförmige äußere Kammer (5) vollständig mit mindestens einem Bezugselektrolyten (6) befüllt ist und in der ringförmigen äußeren Kammer (5) mindestens ein elastischer Körper (9) angeordnet ist.
2. Elektrochemische Messkette nach Anspruch 1, wobei der elastische Körper (9) eine Metallfeder mit Kolben oder ein polymerer Schaum ist.
3. Elektrochemische Messkette nach Anspruch 1 oder 2, wobei der elastische Körper (9) 10 Vol.-% bis 90 Vol.-% des Volumens der ringförmigen äußeren Kammer (5) einnimmt.
4. Elektrochemische Messkette nach Anspruch 3, wobei der elastische Körper (9) 30 Vol.-% bis 60 Vol.-% des Volumens der ringförmigen äußeren Kammer (5) einnimmt.
5. Elektrochemische Messkette nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Druck in der ringförmigen äußeren Kammer (5) 0,5 bar bis 4 bar beträgt.
6. Elektrochemische Messkette nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Bezugselektrolyt (6) ein wärmebeständiges Verdickungsmittel enthält.
7. Elektrochemische Messkette nach Anspruch 6, wobei das wärmebeständige Verdickungsmittel auf Basis von Polyarylamid oder Methylcellulose hergestellt ist.
8. Verfahren zur Herstellung einer elektrochemischen Messkette nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, wobei in die konzentrisch angeordnete ringförmige äußere Kammer (5)
 - a) mindestens ein elastischer Körper (9) eingeführt wird,
 - b) die Bezugselektrode (7) eingesetzt wird,
 - c) die ringförmige äußere Kammer (5) mit einer Gummidichtung (10) verschlossen wird,
 - d) eine Entlüftungskanüle (11) durch die Gummidichtung (10) geführt wird,
 - e) durch mindestens eine weitere durch die Gummidichtung (10) geführte Kanüle (12) die ringförmige äußere Kammer (5) mit mindestens einem Bezugselektrolyten (6) vollständig gefüllt wird,
 - f) die Entlüftungskanüle (11) aus der Gummidichtung (10) ausgeführt wird,
 - g) mindestens ein Bezugselektrolyt (6) bis zum Erreichen des einzustellenden Drucks in die ringförmige äußere Kammer (5) eingeführt wird und
 - h) das rohrförmige Gehäuse (1) mit einer Vergussmasse (13) verschlossen und die Messkette mit einem Anschlusskopf (14) versehen wird.
9. Verwendung einer elektrochemischen Messkette nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7 zur Messung pH-Werten, Redoxpotentialen oder Ionenaktivitäten.

Figur 1



BEST AVAILABLE COPY

Figur 2

